Antigen: Jurnal Kesehatan Masyarakat dan Ilmu Gizi
Volume 3, Nomor 3, Agustus 2025
e-ISSN: 3026-6092; p-ISSN: 3026-6084, Hal 126-134
DOI: https://doi.org/10.57213/antigen.v3i3.737
Available Online at: https://jurnal.stikeskesosi.ac.id/index.php/Antigen

Aktivitas Antidiabetes pada Fitokimia Cinnamaldehyde dalam Menurunkan Kadar Glukosa Darah Puasa, HbA1c, HOMA-IR, dan Meningkatkan Kadar Insulin Hewan Coba Tikus

Najah
Program Studi Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga, Indonesia
Email : najah-2021@fkm.unair.ac.id

Abstract. *Diabetes mellitus is a metabolic disorder characterized by high blood sugar levels continuously. Insulin resistance is the main cause of type 2 diabetes mellitus, so it is very important to control it to maintain blood sugar levels. Traditional ingredients have long been used to treat diabetes. One of the traditional ingredients used is cinnamon which has been proven to have a potential effect on the management of type 2 diabetes mellitus. The content of cinnamon that has an antidiabetic effect is cinnamaldehyde which provides a distinctive taste and aroma. The method used is by analyzing journals that meet the inclusion and exclusion criteria. Articles were searched for in the search media PubMed, Science Direct, and Google Scholar. The results of analyzing the articles found were a decrease in blood glucose levels, HbA1c, HOMA-IR, and an increase in insulin levels between the blood glucose of the control group of experimental animals and the blood glucose of the group that received cinnamaldehyde intervention. The conclusion of this study is that cinnamaldehyde intervention can reduce blood glucose levels, HbA1C, HOMA-IR and increase insulin levels in the blood.*

Keywords: *Blood glucose, Cinnamaldehyde, Diabetes Mellitus*

Abstrak. Diabetes mellitus merupakan suatu keadaan gangguan metabolisme yang ditandai dengan tingginya kadar gula darah secara terum-menerus. Resistensi insulin merupakan penyebab utama terjadinya diabetes mellitus tipe 2, sehingga sant perlu untuk dikontrol untuk menjaga kadar gula darah. Bahan- bahan tradisional sudah sejak lama digunakan untuk pengobatan diabetes. Salah satu bahan tradisional yang digunakan adalah kayu manis yang terbukti memberikan efek potensial pada pengelolaan diabetes mellitus tipe 2. Kandungan kayu manis yang memiliki efek antidiabetes adalah *cinnamaldehyde* yang memberikan rasa dan aroma yang khas. Metode yang digunakan, yaitu dengan menganalisis jurnal yang sesuai dengan kriteria inklusi dan ekslusi. Artikel dicari pada media pencari PubMed, Science Direct, dan Google Schoolar. Hasil dari menganalisis artikel yang ditemukan ialah terdapat penurunan kadar glukosa darah, HbA1c, HOMA-IR, dan peningkatan kadar insulin antara glukosa darah hewan coba kelompok kontrol dengan glukosa darah kelompok yang mendapatkan intervensi *cinnamaldehyde*. Kesimpulan dari studi ini adalah intervensi *cinnamaldehyde* dapat menurunkan kadar glukosa darah, HbA1C, HOMA-IR dan meningkatkan kadar insulin dalam darah.

Kata kunci : Glukosa darah, *Cinnamaldehyde*, *Diabetes Mellitus*

PENDAHULUAN

Diabetes Mellitus merupakan salah satu penyakit dengan prevalensi yang tinggi di Indonesia. Berdasarkan IDF (*International Diabetes Federation*) Indonesia diprediksi menjadi negara dengan prevalensi diabetes tertinggi di dunia yang menempati urutan kelima. Diabetes didefinisikan sebagai suatu penyakit gangguan metabolisme yang ditandai dengan tingginya kadar gula darah. Terdapat dua jenis diabetes yang umum diketahui, yaitu diabetes tipe 1 dan diabetes tipe 2. Diabetes tipe 1 disebabkan oleh tubuh tidak dapat memproduksi cukup insulin, sedangkan diabetes tipe 2 disebabkan oleh terjadinya resistensi insulin karena kadar gula yang berlebih.

Received: Mei 20, 2025; Revised: Juni 03, 2025; Accepted: Juni 17, 2025; Online Available: Juni 19, 2025

Resistensi insulin merupakan penyebab utama pada diabetes mellitus tipe 2 (Naghiaee et al., 2012). Terjadinya resistensi insulin atau menurunnnya sensitivitas insulin menyebabkan penurunan pengambilan glukosa sehingga terjadi peningkatan kadar glukosa darah atau hiperglikemi. Hiperglikemi dalam jangka waktu yang panjang akan menyebabkan terjadinya diabetes dan meningkatkan risiko terjadinya penyakit degeneratif lainnya. Pengendalia kadar insulin dalam darah memiliki peranan penting dalam mencegah komplikasi diabetes seperti penyakit jantung dan pembuluh darah, kerusakan saraf, kerusakan ginjal, kerusakan mata, dan lain-lain (Banday, 2020).

Kayu manis merupakan salah satu jenis rempah yang banyak digunakan dalam masakan dan obat-obatan sejak zaman. Kayu manis berasl dari bagian dalam kulit kayu pohon *Cinnamomum*. Kandungan penting kayu manis adalah *cinnamaldehyde*, asam sinamat, sinamil alcohol, polifenol, dan hidroksil kalkon (Rachid et al., 2022). Kandungan minyak atsiri kulit kayu manis adalah 90% *cinnamaldehyde* (CIN) yang merupakan salah satu komponen aktif kayu manis yang memeberikan rasa dan bau yang khas (Camacho et al., 2015). Ekstrak kayu manis banyak dikaitkan dengan banyak manfaat kesehatan yang berbeda, salah satunya diabetes.

Sebelumnya sudah banyak penelitian yang membahas mengenai efek antidiabetes pada *cinnamaldehyde*. Kayu manis mengandung zat aktif yang dapat meningkatkan kadar insulin di pembuluh darah. Dengan meningkatnya kadar insulin, pengambilan glukosa darah juga meningkat sehingga menurunkan glukosa darah. Penelitian yang dilakukan oleh Ranasinghe et al., (2012) membuktikan bahwa kayu manis dapat meningkatkan penyerapan glukosa dengan mengaktifkan aktivitas reseptor insulin kinase, autofosforilasi reseptor insulin, dan aktivitas glikogen sintase. Sedangkan penelitian lainnya juga menemukan efek lain pada *cinnamaldehyde* yaitu kemampuan untuk mengurangi kadar lipid pada hewan coba.

Efek antidiabetes yang dihasilkan oleh *cinnamaldehyde* masih belum banyak diketahui. Oleh karena itu, dengan adanya artikel ini bertujuan untuk meringkas efek antidiabetes berdasarkan bukti pada peneltian sebelumnya.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah studi literatur dengan melakukan pencarian dan pengkajian terhadap berbagai literatur yang ditemukan. Literatur dicari menggunakan beberapa sumber data, yaitu PubMed, Science Direct, dan Google Schoolar, dan SpringerOpen. Kata Kunci yang digunakan dalam melakukan pencarian literatur untuk artikel ini "*cinnamaldehyde*", "antidiabetes", "glukosa darah" dan

beberapa variasi kata yang berkaitan dengan topik penelitian. Pencarian dilakukan pada literatur yang diterbitkan 10 tahun terakhir (2014-2024) dengan mempertimbangkan kriteria inklusi, yaitu membahas efek *cinnamaldehyde* pada glukosa darah puasa, HbA1c, HOMA-IR, dan kadar insulin dalam darah, penelitian dilakukan pada hewan coba, berbentuk *full text* dan *free access*, merupakan penelitian dengan studi desain eksperimental, dan menggunakan Bahasa Indonesia atau Inggris saja. Artikel dengan studi desain meta-analisis dan studi literatur dikecualikan dari penelitian ini. Sebanyak 3 artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi dan ekslusi setelah dilakukan pencarian

Tabel 1. Efek dari *cinnamaldehyde* pada hewan coba tikus

Desain Penelitian	**Metode**	**Dosis**	**Durasi**	**Hasil**	**Referensi**
Studi eksperimental Subjek: (n=40) tikus albino jantan sehat dengan berat 2220-290 g	Tikus dikelompokkan menjadi 5 kelompok, setiap kelompok berisi 8 ekor tikus. Kelompok pertama merupakan kelompok kontrol, hanya menerima makanan standar dan tidak diberikan intervensi. Kelompok kedua mendapatkan HFD (*High Fructose Diet*) selama minggu percobaan. Kelompok ketiga mendapatkan HFD selama 10 minggu kemudian ditambahkan dengan *cinnamaldehyde* 40 mg/kg berat badan selama 4 minggu. Kelompok keempat mendapat HFD selama 10 minggu dan ditambah dengan costunolide 20mg/kg berat badan selama 4 minggu. Kelompok kelima mendapatkan HFD selama 10 minggu dan ditambah dengan metformin 300 mg/kg berat badan selama 4 minggu. Sampel darah diambil pada akhir percobaan dari semua kelompok, serum diperoleh	*Cinnamaldehyde*: 40 mg/kg bb Costunolide: 20 mg/kg bb Metformin: 300 mg/kg bb	14 minggu	Ditemukan penurunan kadar glukosa darah puasa pada kelompok *cinnamaldehyde* jika dibandingkan dengan kelompok custonolide. Kadar insulin pada darah meningkat secara signifikan jika dibandingkan dengan kelompok control. Kelompok *cinnamaldehyde*, *custolide*, metformin mengalami penurunan yang signifikan pada persentase HbA1c jika dibandingkan dengan kelompok dengan HFD saja. Dan ditemukan penurunan yang signifikan HOMA-IR (Hemoestasis Assessment Model for Insulin Resistance) pada kelompok cinnamaldehydes, costunolide, dan metformin jika dibandingkan dengan kelompok yang menerima HFD saja.	Rashwan et al., (2019)

	melalui proses sentrifugasi.				
Studi eksperimental Subjek: (n=30) tikus jantan C57BL sehat (n=10) dan 20 tikus db/db usia 8 minggu dengan berat 16-18 g (n=20)	Keseluruhan tikus dikelompokkan menjadi 3 kelompok, tikus C57BL sebagai kelompok control, 10 tikus db/db diberikan diet normal, dan 10 tikus db/db diberikan cinnamaldehyde 0,2%. Asupan makanan diamati sejak 10 hari sebelum intervensi kemudian dilakukan pengamatan gula darah puasa, berat badan, dan sensitivitas insulin.	-	12 minggu	Kelompok tikus db/db yang diberikan cinnamaldehyde 0,2% mengalami sedikit penurunan berat badan jika dibandingkan dengan kelompok tikus db/db yang tidak diberikan cinnamaldehyde 0,2% ($p>0,05$), tetapi memiliki penurunan berat badan yang signifikan jika dibandingkan dengan kelompok tikus C57 ($p<0,01$). Setelah minggu ke-8 dan antara minggu ke 9-12, kelompk tikus db/db yang diberikan cinnamaldehyde 0,2% mengalami penurunan glukosa darah puasa yang signifikan ($p<0,05$). Sensitivitas insulin mengalami peningkatan pada kelompok intervensi cinnamaldehyde 0,2% ($p<0,05$). Tikus db/db mengalami penurunan fungsi dan morfologi pancreas, dan rendahnya kandungan insulin, tetapi setelah diberikan intervensi mengalami perbaikan.	Guo et al., (2017)
Studi eksperimental Subjek: (n=30) tikus jantan C57BL sehat (n=10) dan 20 tikus db/db usia 8 minggu dengan berat 16-18 g (n=20)	Keseluruhan tikus dikelompokkan menjadi 3 kelompok, tikus C57BL sebagai kelompok control, 10 tikus db/db diberikan diet normal, dan 10 tikus db/db diberikan cinnamaldehyde 0,2%. Asupan makanan diamati sejak 10 hari sebelum intervensi kemudian dilakukan	-	12 minggu	Kelompok tikus db/db yang diberikan cinnamaldehyde 0,2% mengalami sedikit penurunan berat badan jika dibandingkan dengan kelompok tikus db/db yang tidak diberikan cinnamaldehyde 0,2% ($p>0,05$), tetapi memiliki penurunan berat badan yang signifikan	Guo et al., (2017)

	pengamatan gula darah puasa, berat badan, dan sensitivitas insulin.			jika dibandingkan dengan kelompok tikus C57 ($p<0,01$). Setelah minggu ke-8 dan antara minggu ke 9-12, kelompk tikus db/db yang diberikan cinnamaldehyde 0,2% mengalami penurunan glukosa darah puasa yang signifikan ($p<0,05$). Sensitivitas insulin mengalami peningkatan pada kelompok intervensi cinnamaldehyde 0,2% ($p<0,05$). Tikus db/db mengalami penurunan fungsi dan morfologi pancreas, dan rendahnya kandungan insulin, tetapi setelah diberikan intervensi mengalami perbaikan.	
Studi ekperimental Subjek: (n = 40) tikus albino jantan berusia 2 bulan	Kelompok tikus dibagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok kontrol (n=8) dan kelompok penderita diabetes (n=32). Kelompok I (n=8) atau kelompok kontrol tidak mendapatkan intervensi apapun. Kelompok IIA (n=8) yang berasal dari kelompok tikus dengan diabetes tidak mendapatkan mendapatkan intervensi. Kelompok IIB (n=8) tikus diabetes yang diberikan secara oral cinnamaldehyde 40 mg/kg bb. Kelompok IIC tikus diabetes yang diberikan metformin secara oral 200 mg/kg	*40 mg/kg bb/hari*	1 bulan	Tikus diabetes yang tidak diobati memiliki kadar FBG (glukosa darah puasa) dan HOMA-IR yang lebih tinggi, tetapi kadaqr insulin yang lebih rendah. Kadar FBG pada kelompok cinnamaldehyde mengalami penurunan yang sugnifikan, tetapi tidak lebih banyak dari kelompok dengan intervensi metformin dan kombinasi antara cinnamaldehyde dengan metformin. Pada kadar insulin, kelompok dengan intervensi cinnamaldehyde mengalami peningkatan yang signifikan, tetapi tidak lebih banyak dari kelompok dengan intervensi metformin. Peningkatan paling	Ghazal et al., (2024)

	bb. Dan kelompok IID tikus diabetes yang diberikan kombinasi cinnamaldehyde dan metformin secara bersamaan. Pada akhir masa intervensi, semua tikus dipuasakan selama satu malam kemudian sampel darah diambil dan disentrifugasi.	tinggi terjadi pada kelompok kombinasi metformin dan cinnamaldehyde. Pada HOMA-IR, kelompok yang diberikan intervensi cinnamaldehyde memiliki pengaruh yang sama seperti faktor yang lain, memiliki penurunan yang signifikan, tetapi tidak lebih banyak dari kelompok yang diberikan intervensi metformin dan kombinasi metformin dengan cinnamaldehyde.

HASIL DAN DISKUSI

Diabetes mellitus (DM) adalah kelainan metabolisme kompleks yang ditandai dengan hipergklimia, suatu kondisi abnormal fisiologis yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah secara terus-menerus). Hiperglikemia terjadi akibat gangguan sekresi insulin yang merupakan manifestasi kronis dari gangguan metabolisem karbohidrat, lemak, dan protein (Banday, 2020)

Diabetes dengan prevalensi global yang terus meningkat menjadi suatu masalah kesehatan yang paling menantang dan sangat berisiko tinggi untuk terjadi pada semua kalangan dengan pola hidup yang semakin buruk. Peningkatan prevalensi diabetes di sebagian besar wilayah di dunia sejalan dengan pesatnya pembangunan ekonomi, yang mengarah pada urbanisasi dan berubahnya pola hidup menjadi pola hidup yang buruk.

Diabetes tipe 2 juga dikenal sebagai diabetes mellitus non-insulin-dependent (NIDDM) ditandai dengan dua kelainan utama yang berhubungan dengan insulin, yaitu resistensi insulin dan disfungsi sel β pankreas (Ghazal et al., 2024). Resistensi insulin disebabkan oleh terganggunya berbagai jalur seluler, sehingga menyebabkan penurunan respon atau sensitivitas sel di jaringan perifer, khususnya otot, hati, dan jaringan adiposa. Pada tahap awal penyakit penurunan sensitivitas insulin memicu sel β pancreas memproduksi insulin lebih banyak lagi sehingga dapat menyeimbangkan kadar gula darah. Namun, peningkatan sekresi insulin tersebut tetap tidak dapat menyeimbangkan kadar gula darah.

Efek Antidiabetes dari *cinnamaldehyde*

Cinnamaldehyde sebagaimana diketahui merpakan kandungan penting pada kayu manis yang memberikan rasa dan aroma yang khas. Selain itu, fitokimia ini juga diketahui memiliki dampak yang baik bagi kesehatan manusia, salah satunya antidiabetes.

Artikel pertama menghasilkan perubahan signifikan pada kadar glukosa darah puasa, kadar insulin, HbA1c, dan HOMA-IR. Dengan pemberian *cinnamaldehyde* sebanyak 40 mg/kg berat badan pada hewan coba tikus, dosis tersebut mampu untuk menurunkan kadar gula darah puasa, meningkatkan ketersediaan insulin di darah, menurunkan HbA1c, dan menurunkan HOMA-IR atau Hemoestasis Assessment Model for Insulin Resistance. HOMA-IR dianggap dapat menjadi nilai alternative untuk melihat tingkat resistensi insulin (Masoodian et al., 2023).

Artikel kedua juga menghasilkan perubahan pada berat badan, kadar gula darah puasa, sensitivitas insulin, dan morfologi pancreas. Dengan dosis yang tidak diketahui dalam jangka waktu 12 minggu intervensi, *cinnamaldehyde* mampu untuk menurunkan kadar gula darah puasa, meningkatkan sensitivitas insulin, dan memperbaiki morfologi dan fungsi pancreas.

Artikel ketiga menghasilkan perubahan yang serupa dengan dua artikel sebelumnya. Dengan dosis 40 mg/kg berat badan selama 1 bulan, *cinnamaldehyde* mampu untuk menurunkan glukosa darah puasa, meningkatkan kadar insulin di darah, dan menurunkan HOMA-IR. Adapun perubahan tersebut tidak sama dengan perubahan yang dihasilkan pada kelompok intervensi metformin. Tetapi, perubahan paling signifikan dihasilkan oleh kelompok yang diberikan intervensi kombinasi antara *cinnamaldehyde* dengan metformin.

Berdasarkan ketiga artikel tersebut, dapat diketahui bahwa *cinnamaldehyde* memiliki kemampuan untuk menurunkan gula darah puasa, meningkatkan kadar insulin dalam darah, menurunkan HbA1c dan HOMA- IR, juga memperbaiki fungsi dan morfologi dari pankreas. Efek yang ditimbulkan dari *cinnamaldehyde* serupa dengan efek yang ditimbulkan dari metformin. Metformin merupakan obat diabetes lini pertama (Naghiaee et al., 2021). Efek antidiabetes yang ditimbulkan dari *cinnamaldehyde* disebabkan karena aktivitas *cinnamaldehyde* untuk mengaktifkan fosfopenol piruvat karboksi kinase (PEPCK) dan piruvat kinase (PK) di hati. PEPCK dan PK merupakan dua enzim yang berperan dalam homeostasis glukosa dengan mendorong sintesis glikogen dan penghambatan gluconeogenesis (Ghazal et al., 2024). Kemampuan *cinnamaldehyde* dalam meningkatkan kadar insulin dalam darah, diduga kuat hal tersebut terjadi karena aktivitas antioksidan pada *cinnamaldehyde* mencegah kerusakan sel β pankreas akibat radikal bebas. Hal ini diperkuat dengan penelitian Guo., et al (2017) yang menyatakan bahwa intervensi *cinnamaldehyde*

secara signifikan meningkatkan kadar GSH dan aktivitas SOD karena intervensi tersebut meningkatkan pertahanan antioksidan spesies oksigen reaktif yang dihasilkan pada kondisi hiperglikemia. Penelitian lainnnya menyatakan bahwa *cinnamaldehyde* mengurangi pembentukan ROS dan meningkatkan kadar NO dalam sel endotel (Rashwan et al., 2019). Selain itu, kemampuan *cinnamaldehyde* untuk meningkatkan sekresi insulin diketahui dapat menghambat lipolysis jaringan adiposa. Di mana peningkatan kadar insulin plasma sebesar 5 IU/ml akan menekan lipolysis sebesar 50% (Ghazal et al., 2024).

KESIMPULAN DAN SARAN

Diabetes merupakan keadaan terjadinya hiperglikemi secara terus menerus. Kayu manis telah banyak diteliti memiliki aktivitas anidiabetes. Berdasarka studi literatur pada 3 arikel yang ditemukan, dapat diketahui bahwa *cinnamaldehyde* dapat menurunkan kadar glukosa darah puasa, HbA1c, HOMA-IR dan meningkatkan kadar insulin dalam darah. *Cinnamaldehyde* mampu untuk mengaktifkan fosfopenol pirubat karboksi kinase dan piruvat kinase yang merupakan enzim dalam homeostasis glukosa. Selain itu, *cinnamaldehyde* juga memiliki sifat antioksidan sehingga mencegah kerusakan sel β pankreas.

REFERENSI

Banday, M. Z., Sameer, A. S., & Nissar, S. (2020). Pathophysiology of diabetes: An overview. *Avicenna Journal of Medicine, 10*(4), 174–188.

Camacho, S., Michlig, S., de Senarclens-Bezençon, C., Meylan, J., Meystre, J., Pezzoli, M., ... & Le Coutre, J. (2015). Anti-obesity and anti-hyperglycemic effects of cinnamaldehyde via altered ghrelin secretion and functional impact on food intake and gastric emptying. *Scientific Reports, 5*(1), 7919.

Galicia-Garcia, U., Benito-Vicente, A., Jebari, S., Larrea-Sebal, A., Siddiqi, H., Uribe, K. B., ... & Martín, C. (2020). Pathophysiology of type 2 diabetes mellitus. *International Journal of Molecular Sciences, 21*(17), 6275.

Ghazal, N. A., Agamia, Y. T., Meky, B. K., Assem, N. M., Abdel-Rehim, W. M., & Shaker, S. A. (2024). Cinnamaldehyde ameliorates STZ-induced diabetes through modulation of autophagic process in adipocyte and hepatic tissues on rats. *Scientific Reports, 14*(1), 10053.

Guo, X., Sun, W., Huang, L., Wu, L., Hou, Y., Qin, L., & Liu, T. (2017). Effect of cinnamaldehyde on glucose metabolism and vessel function. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research, 23*, 3844.

International Diabetes Federation. (2021). *Diabetes in Indonesia*. https://idf.org/our-network/regions-and-members/western-pacific/members/indonesia/

Masoodian, S. M., Omidifar, A., Moradkhani, S., Asiabanha, M., & Khoshmirsafa, M. (2023). HOMA-IR mean values in healthy individuals: A population-based study in Iranian subjects. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders, 22*(1), 219–224.

Naghiaee, Y., Vakili, M., Mohammadi, M., Mohiti, A., & Mohiti-Ardakani, J. (2021). Comparing the effect of cinnamaldehyde and metformin on expression of MiR-320 and MiR-26b in insulin-resistant 3T3L1 adipocytes. *Phytomedicine Plus, 1*(4), 100122.

Nikzamir, A., Palangi, A., Kheirollaha, A., Tabar, H., Malakaskar, A., Shahbazian, H., & Fathi, M. (2014). Expression of glucose transporter 4 (GLUT4) is increased by cinnamaldehyde in C2C12 mouse muscle cells. *Iranian Red Crescent Medical Journal, 16*(2).

Rachid, A. P., Moncada, M., Mesquita, M. F. D., Brito, J., Bernardo, M. A., & Silva, M. L. (2022). Effect of aqueous cinnamon extract on the postprandial glycemia levels in patients with type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial. *Nutrients, 14*(8), 1576.

Ranasinghe, P., Perera, S., Gunatilake, M., Abeywardene, E., Gunapala, N., Premakumara, S., ... & Katulanda, P. (2012). Effects of *Cinnamomum zeylanicum* (Ceylon cinnamon) on blood glucose and lipids in a diabetic and healthy rat model. *Pharmacognosy Research, 4*(2), 73.

Rashwan, A. S., El-Beltagy, M. A., Saleh, S. Y., & Ibrahim, I. A. (2019). Potential role of cinnamaldehyde and costunolide to counteract metabolic syndrome induced by excessive fructose consumption. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences, 8*, 1–8.

Zhang, W., Xu, Y. C., Guo, F. J., Ye, M., & Li, M. L. (2008). Anti-diabetic effects of cinnamaldehyde and berberine and their impacts on retinol-binding protein 4 expression in rats with type 2 diabetes mellitus. *Chinese Medical Journal, 121*(21), 2124–2128.